

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. 7
H01L 21/3065

(11) 공개번호 특2001 -0075207
(43) 공개일자 2001년08월09일

(21) 출원번호 10 -2001 -7003514
(22) 출원일자 2001년03월19일
번역문 제출일자 2001년03월19일
(86) 국제출원번호 PCT/DE2000/01835
(86) 국제출원출원일자 2000년06월06일

(87) 국제공개번호 WO 2001/06539
(87) 국제공개일자 2001년01월25일

(81) 지정국 국내특허 : 일본, 대한민국, 미국,
EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 펜란드, 사이프러스,
(30) 우선권주장 19933842.6 1999년07월20일 독일(DE)
(71) 출원인 로베르트 보쉬 게엠베하
클라우스 포스, 게오르그 뮐러
독일 데 -70442 스투트가르트 포스트파흐 30 02 20
(72) 발명자 베크폴커
독일 데 -76359 막스젤임비젤르7
라머프란츠
독일 데 -70437 슈트트가르트비티코베크9
쥘프안드레아
독일 데 -73525 쉬베비쉬그뮌트젤렌바하베크15
(74) 대리인 이병호
심사청구 : 없음

(54) 유도 결합 플라즈마를 이용한 기판 에칭 장치와 기판 에칭방법

요약

본 발명은, 특히 실리콘으로 구성된 기판(10)을 유도 결합 플라즈마(14)를 이용하여 에칭하기 위한 기판 에칭 방법과 이 에칭 방법을 수행하기 위한 기판 에칭 장치에 관한 것이다. 이를 위하여, ICP 소스(13)로부터 고주파 전자기 교변 자장을 발생시킨다. 상기 자장은 반응기(15) 내에서 반응 입자들로 구성된 유도 결합 플라즈마(14)를 발생시킨다. 이 때, 유도 결합 플라즈마(14)는 고주파 전자기 교변 자장 효과에 의해서 반응 가스의 형태로 발생한다. 또한, 본 발명에서는 ICP 소스(13)와 결부된 플라즈마 출력을 고주파 전자기 교변 자장에 의해서 유도 결합 플라즈마(14)로 펠스화시

킬 수 있으며, 그 결과 플라즈마 출력으로서 펠스화된 고주파 출력이 적어도 일시적으로 유도 결합 플라즈마와 연결될 수 있는 장치가 제공된다. 펠스화된 플라즈마 출력은 펠스화된 자기장 및/또는 펠스화된 기판 전극 출력과 조합되거나 관련될 수 있다.

대표도

도 1

색인어

유도 결합 플라즈마, ICP 소스, 고주파 전자기 교번 자장, 반응 가스, 플라즈마 출력, 펠스화, 펠스화된 기판 전극 출력

명세서

기술분야

본 발명은 독립항에 따른 장치로서, 특히 실리콘으로 구성된 기판을 유도 결합 플라즈마를 이용하여 에칭하기 위한 기판 에칭 장치와 이 장치를 이용하여 실시할 수 있는 기판 에칭 방법에 관한 것이다.

배경기술

유도 플라즈마 소스(inductive plasma source)를 사용하여 실리콘과 같은 물체를 에칭하기 위한 이방성 고율 에칭 공정(anisotropy high ratio etching process)을 실시하기 위하여, 예를 들면 독일특허 제 DE 42 41 045 C2 호에 기재된 방법에서는 소위 패시베이션 공정 동안 될 수 있는 데로 단시간 내에 측벽 패시베이션을 실시하여야 할뿐만 아니라 소위 에칭 공정 동안 실리콘 상에 에칭하고자 하는 플루오르기를 가능한 양호하게 집중시켜야 하는 것으로 공지되어 있다. 이때, 상기 방법에서는 에칭율을 향상시키기 위하여 유도 플라즈마 소스에 가능한 높은 고주파 출력을 발생시켜야 하며 또한 이로 인하여 얻어진 유도 결합 플라즈마를 가능한 높은 플라즈마 출력으로 여기(exciting)시켜야 하는 것으로 제안하고 있다.

그렇지만, 상기와 같이 여기될 수 있는 플라즈마 출력에서는 한편으로 플라즈마 소스에 해당하는 전기 부품의 캐페시턴스가 제한될 뿐만 아니라, 다른 한편으로는 공정 기술적인 면에서도 제한될 수 있다. 따라서, 유도 플라즈마 소스의 높은 고주파 출력을 이용함으로써, 다시 말하면 여기된 높은 플라즈마 출력을 이용함으로써, 소스 영역으로부터 유도 결합 플라즈마를 발생시키는 과정에서 이루어지는 불리한 전기적인 조작을 보완하고 있지만, 사실 상기 조작은 기판 웨이퍼 상의 에칭 효과를 저하시킬 수 있다.

또한, 독일특허 제 DE 42 41 045 C2 호의 기술에 따른 에칭 공정에 있어서, 매우 높은 플라즈마 출력이 발생하게 되면 에칭 공정과 패시베이션 공정 사이의 전환 단계에서 플라즈마를 여기시킬 때 안정성이 문제가 된다. 이것은 kW 단위의 높은 여기 출력으로 인하여 전환 단계 동안 발생된 출력 반사에 영향을 미칠 뿐만 아니라 플라즈마 소스의 전기 회로(코일, 접속된 캐페시터 및 발생기 출력단 등)를 파괴할 수 있는 과도한 전압을 발생시키기 때문이다.

또한, 독일특허 출원서 제 DE 199 00 179 호에는 독일특허 제 DE 42 41 045 C2 호보다 발전된 유도 플라즈마 소스가 기재되어 있는데, 이 유도 플라즈마 소스는 유도 플라즈마 소스의 코일에서 발생하는 대칭 고주파 출력(symmetrical high frequency output)을 완전하게 제공함으로써 특히 높은 플라즈마 출력을 얻을 수 있으며, 특히 간접 연결(indirect coupling)이 없는 유도 플라즈마를 발생시킬 수 있다. 그럼에도 불구하고 이 소스 형태에서는 약 3kW 내지 5kW의 실용적인 출력 한계가 존재하고, 이 출력 한계 이상에서는 필요한 고주파 성분을 얻기 위하여 대단히 많은 비용이 소요될 뿐만 아니라 플라즈마의 안정성에서 문제가 된다.

이외에, 독일특허 출원서 제 DE 199 198 32 호에는 고주파 전자기 교변 자장을 갖는 유도 결합 플라즈마를 이용하는 각각의 공정 단계에서, 특히 에칭 단계와 폐시베이션 단계 사이에서 결합 플라즈마를 단열적으로 변화시키는 방법이 공지되어 있다.

이와 같이 단열적으로 출력을 변화시킴으로써, 더 구체적으로 말하면 점진적으로 성능을 향상시킬 뿐만 아니라 연결 플라즈마의 출력을 감소시킴으로써 결합 플라즈마 출력과 무관한 각각의 플라즈마 임피던스에 ICP 소스의 임피던스를 동시에 연속적으로 적용할 때에는 자동 적용 네트워크나 임피던스 변압기 ("매치박스(matchbox)")가 사용될 수 있는데, 이로 인하여 상술한 출력 반사뿐만 아니라 과도 전압과 관련하여 플라즈마 출력을 1kW 내지 5kW의 범위 내로 제한할 수 있다. 그렇지만 이때, 플라즈마 출력이 온 상태로 머물러 있는 통상적인 시간은 0.1초 내지 2초로 제한되며, 더욱이 고속 출력 변화가 불가능하다.

발명의 상세한 설명

상술한 종래 기술에 비하여, 본 발명에 따른 장치와 이 장치를 이용하여 실시할 수 있는 방법은 가변적으로 조절 가능하며 플라즈마 출력으로서 유도 결합 플라즈마 내에 여기될 수 있는 펠스화 고주파 출력을 얻을 수 있으며, 이때 플라즈마 출력의 펠스화는 마이크로초 단위에 해당할 정도로 매우 빠르게 이루어질 뿐만 아니라 수천 W의 출력 변화도 가능하다.

또한, 본 발명에 따른 플라즈마 출력의 펠스화는 ICP 소스의 생산성을 실질적으로 개선시킬 수 있을 뿐만 아니라 변화하지 않는 중간 정도의 플라즈마 출력에서 에칭율의 감소나 에칭율의 향상없이 상기 중간 정도의 플라즈마 출력을 개선할 수 있다. 또한, 플라즈마 출력을 펠스화함으로써 ICP 소스의 소스 영역으로부터 전기적인 장애 효과를 효과적으로 감소시킬 수 있다.

본 발명의 바람직한 다른 구조는 종속항에 기재된 조치를 통하여 얻을 수 있다.

특히, 본 발명에 따른 플라즈마 시스템이 균형 상태의 대칭적으로 구성되어 이 대칭 상태로 제공된 ICP 소스의 구조를 갖는 경우에 유리하다. 이 경우에, 에칭율의 균질성은 기판의 표면 상에서 확실히 개선되며 발생된 플라즈마에서 높은 플라즈마 출력의 전기적인 여기 상태를 간소화할 수 있다.

또한, 반응기의 내부에서 일정하거나 시간에 따라 변화하는 자계가 발생할 때 유리하며, 이것은 자기 표면에 따라 플라즈마 소스의 유도 결합 플라즈마가 에칭 표면에 발생될 수 있음을 의미한다.

자계의 방향이 기판과 유도 결합 플라즈마의 결합 라인으로 정의된 방향과 적어도 근사하게 평행한 상기 자장은 원하는 플라즈마 소스(전자, 이온, 자유 라디칼)를 발생시키기 위한 여기 고주파 출력의 필요성, 즉 플라즈마 발생 효과를 향상시킨다. 이 때문에, 동일한 플라즈마 출력에서도 더 높은 에칭율이 가능하다.

반응기 내벽과 동축으로 배치된 구멍이 추가로 제공될 때, 특히 에칭하고자 하는 기판 상에서 자장에 발생된 플라즈마를 양호하게 사용할 수 있을 뿐만 아니라 발생된 자장의 역증폭 인자(inverse amplification factor)를 낮게 유지할 수 있다는 점에서 유리하며, 상기 구멍은 바람직하게는 기판 전극 상에 배치된 기판으로부터 위쪽으로 5cm 가량 이격되어 배치된다. 상기 구멍은 기판의 표면상에서 에칭의 균일도를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 시간에 따라 변화하는 자장의 경우에 에칭하고자 하는 기판에서 높은 유도 전압을 발생시킬 수 있는데, 이 유도 전압은 에칭하고자 하는 전자 구조물의 손상을 방지한다.

추가로, ICP 코일 발생기가 여기 플라즈마 출력의 함수로 임피던스를 조절하기 위하여 발생된 전자기 교변 자장의 주파수를 변화시키는 경우에 특히 유리하며, 이 때문에 특히 플라즈마 출력 펠스와 이 펠스의 중단 시기 사이에서 변환이 신속하게 이루어질 수 있다.

바람직하게는, 상기 주파수 변화동안 시간에 따른 플라즈마 출력의 펄스화, 특히 다른 여기 플라즈마 출력, 즉 펄스 대 펄스 중단 시간의 전환시에 ICP 코일 발생기에서 높은 반사 출력이 방지된다. 이때, 각 시점에서 ICP 코일 발생기의 고주파 출력의 가변 주파수에 대하여 가능한 우수한 임피던스 조절이 가능하다는 실질적인 추가의 장점을 가지며, 그 결과 주파수 변화가 단지 주파수 변화를 실시하는 전자 회로의 조절 속도에 의해서만 제한되기 때문에, 상기 주파수 변화는 빠르게 이루어질 수 있다. ICP 코일 발생기의 출력 반응 시간이나 매우 신속한 출력 변화는 마이크로초 범위에서 안정적으로 가능하며, 이것은 에칭 및 패시베이션 공정 동안 플라즈마 출력 펄스로 실시되며 이 시간이 마이크로초 범위에 있다는 것을 설명한다.

ICP 소스의 펄스화 동안 플라즈마에서 매우 신속한 임피던스 변화가 이루어지기 때문에, kW 범위, 특히 3kW 이상의 각 펄스 출력에서 종래 기술에 따르며, 이것은 여기 고주파 출력 펄스의 온·오프시 높은 반사 출력의 발생을 방지하고 나 적어도 손상을 방지할 수 있다. 이 때문에 본 발명에 따른 장치에서는 유도 결합 플라즈마 혹은 ICP 소스 및 ICP 코일 발생기의 임피던스 조절이 매 시간마다 보장된다.

ICP 소스의 펄스화 영역은 연속적으로 가동되는 경우에 비하여 실질적인 장점을 갖는데, 이것은 연속 구동에서보다 고주파 출력 펄스 혹은 플라즈마 출력 펄스 동안 실질적으로 높은 플라즈마 밀도가 얻어지기 때문이다. 유도 플라즈마는 높은 등급의 비선형 과정에 기인하여 발생하며, 따라서 펄스화 구동 모듈에서 중간 정도의 플라즈마 밀도는 시평균에 해당하는 평균 플라즈마 출력에서 보다 더 높다. 이 시평균을 이용함으로써 펄스화 동안 매우 우수한 소스나 이온을 얻기에 효과적이다. 또한, 시평균은 소위, "자이언트 임펄스(giant impulse)"가 사용될 때, 즉 약 20kW의 비교적 짧고 협저한 출력 강도의 고주파 출력 임펄스에서 특히 유효한데, 이것은 본 발명에 따른 장치를 이용함으로써 가능하며, 이 때 평균 플라즈마 출력은 시평균에서, 예를 들어 단지 500W만으로 가능하다.

이 경우에, 주로 ICP 코일 발생기와 플라즈마 시스템의 다른 시스템 구성 부품에서 원하는 플라즈마 효과, 특히 얻고자 하는 에칭 동안 비교적 낮은 플라즈마 출력의 시평균값을 수정함으로써, 특히 발생된 정점 출력을 수정함으로써 열 손실을 방지할 수 있다. 결과적으로, 발생된 반응 소스나 이온의 효과는 확실하게 개선된다.

ICP 소스의 펄스화된 구동에서의 다른 장점은 고주파 출력 펄스들 사이의 펄스 중단 시기에서 에칭하고자 하는 기판에 전기 장치를 구성할 있으며, 이 때문에 에칭시 전체적으로 프로파일을 개선시킬 수 있다.

마지막으로, 발생된 자장의 펄스가 여기 플라즈마 출력의 펄스 및 기판 전압 발생기에 걸쳐서 기판에 여기된 고주파 출력의 펄스화를 통하여 시간에 따라 수정되거나 동기화될 수 있다는 점에서 매우 바람직하다. 따라서, 시간에 따른 동기화를 실시함으로써 자장과 여기 플라즈마 출력의 펄스화는 특히 자장 코일에 적용된 오음의 열손실을 확실하게 감소시킬 수 있으며, 이것은 자장 펄스의 냉각된 온도 제어를 필요로 하지 않게 된다.

예를 들어 여기 플라즈마 출력이 1:20의 펄스 대 펄스 중단 비율로 구동된다면, 자장 코일에 흐르는 전류는, 예를 들어 1:18의 펄스 대 펄스 중단 비율로 펄스화되며, 이로 인하여 필요한 열방출을 1/18로 감소시킬 수 있다. 이와 동시에 전기 에너지의 손실도 줄일 수 있다.

본 발명의 실시예들을 도면을 참조하여 이하에서 상세하게 설명한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 플라즈마 에칭 시스템을 개략적으로 도시한 도면.

도 2는 ICP 소스와 접속된 전자식 피드백 회로를 도시한 도면.

도 3은 필터 특성 곡선의 일례를 나타내는 그래프.

도 4는 일실시예로서 자장 펄스를 이용하여 플라즈마로 여기된 고주파 플라즈마 출력의 시간에 따른 동기화를 나타내는 그래프.

도 5는 매우 짧은 고주파 출력 펄스를 발생시키기 위하여 기판 전압 발생기 내부에 접적될 수 있는 회로 장치를 도시한 도면.

도 6은 기판 전극 전압을 발생시키기 위한 등가 회로를 나타내는 다이어그램.

도 7은 고주파 출력 펄스 동안 진동 주기수의 함수로서 기판 전극 전압의 변화를 나타내는 그래프.

* 도면의 주요부분에 대한 간단한 설명 *

1: 주파수 선택 구조물1 : 필터 특성 곡선

1" : 정류 주파수2: 조절 네트워크

3: 출력 발진기4: 수정 발진기

5: 플라즈마 에칭 시스템6: 발진기 결정체

7: 딜레이 출력8: 출력

9: 발생기 제어 입력단9: 발생기 제어 출력단

10: 기판11: 기판 전극

12: 기판 전압 발생기13: ICP 소스

14: 유도 결합 플라즈마15: 반응기

16: 제 1 임피던스 변압기17: ICP 코일 발생기

18: 제 2 임피던스 변압기19: 가스 공급구

20: 가스 배출구21: 자계 코일

22: 이격 부품23: 전류 공급 유닛

24: 출력 콘덴서25: 신호 텁

26: 중간 텁30: 위상 변환기

31: 고주파 발생기32: 제어 장치

33: 모노 플랩34: U/f 변환 장치

35: D 플립플랩36: 발생기 출력단

37: 기판 전극 표면

실시예

이하에서 도 1을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명한다. 플라즈마 에칭 시스템(5)은 공지된 방식으로 내부에서 ICP 소스(13)를 이용하여 유도 결합 플라즈마(14)를 발생시키는 반응기(15)를 갖는다. 이외에도, 플라즈마 에칭 시스템에는, 예를 들어 SF_6 , ClF_3 , O_2 , C_4F_8 , C_3F_6 , SiF_4 또는 NF_3 와 같은 반응 가스를 공급하기 위한 가스 공급구(19)와, 반응 물질을 배출하기 위한 가스 배출구(20)와, 예를 들어 본 발명에 따른 에칭 방법을 이용하여 실리콘 몸체나 실리콘 웨이퍼로 구성되는 기판(10)과, 이 기판(10)과 접촉 상태에 놓여 있는 기판 전극(11)과, 기판 전압 발생기(12)와, 제 1 임피던스 변압기(16)가 제공된다. 이때, 기판 전압 발생기(12)는 기판 전극(11)뿐만 아니라 이 기판 전극 위의 기판(10)에 고주파 교변 전압이나 고주파 출력을 연결하며, 상기 고주파 출력은 유도 결합 플라즈마(14) 내에서 발생된 이온을 기판 쪽으로 가속시킨다. 기판 전극(11)에 연결된 고주파 출력이나 교변 전압은 보통 3W 내지 50W 또는 5V 내지 100V 범위의 등감도 대역(equisignal zone)에서 가동되거나, 혹은 펄스 시퀀스(pulse sequence)에 대한 시평균 내에서 펄스 상태로 가동된다.

또한, 제 2 임피던스 변압기(18)와 이 변압기를 거쳐서 IC 소스(13)와 결합된 ICP 코일 발생기(17)가 추가로 제공된다. 따라서, ICP 소스(13)는 고주파 전자기 교변 자장과 이 교변 자장에 의해서 반응 입자들과 전기적 성질을 갖는 입자(이온)들로 구성된 유도 결합 플라즈마(14)를 반응기(15) 내에 발생시키며, 이때 상기 입자들은 고주파 전자기 교변 자장의 영향에 의해서 반응 가스로 생성된다. 또한, ICP 소스(13)는 적어도 하나의 권선을 구비한 코일을 갖는다.

제 2 임피던스 변압기(18)는 바람직하게는 독일특허 출원서 제 DE 199 00 179.0 호에서 제안하는 방법으로 제작되기 때문에, ICP 소스(13)가 ICP 코일 발생기(17)를 거쳐서 평행한 대칭 상태로 구성될 뿐만 아니라 평행한 대칭 상태로 공급된다. 이 때문에, 특히 ICP 소스(13)의 코일의 양 단부 상에 배치된 고주파 교변 전압이 적어도 거의 상호 역상으로 놓일 수 있다. 또한, 도 2에 도시한 바와 같이 ICP 소스(13)의 코일의 센터 탭(26: center tap)은 바람직하게는 접지된다.

또한, 예를 들어 독일특허 제 DE 42 41 045 C2 호에 기재된 바와 같이 실리콘을 에칭하기 위한 이방성 고율 에칭 공정에서는 플라즈마 에칭 시스템(5)을 이용함으로써 에칭 단계와 폐시베이션 단계가 교대로 실시된다. 지금까지 당업자에게 종래 기술로서 알려진 플라즈마 에칭 시스템(5)의 세부적인 사항뿐만 아니라 이 에칭 시스템으로 실시되는 에칭 방법과 관련하여, 특히 반응 가스와 관련하여, 각 에칭 단계나 폐시베이션 단계에서 공정 압력과 기판 전극 전압은 독일 특허 제 DE 42 41 045 C2 호를 참조한다.

이외에, 본 발명에 따른 플라즈마 에칭 시스템(5)은 독일특허 제 199 27 806.7 호에 기재된 바와 같은 공정에도 적합하다.

특히, 기판(10)을 에칭할 때 폐시베이션 단계에서는 5 내지 $20 \mu bar$ 의 공정 압력과 ICP 소스(13)를 거쳐서 플라즈마(14)에 연결된 300 내지 1000W의 평균 플라즈마 출력을 갖는 반응기(15) 내에서 폐시베이션을 실시한다. 폐시베이션 가스로서는, 예를 들면 C_4F_8 이나 C_3F_6 이 적합하다. 이후의 에칭 단계에서는 30 내지 $50 \mu bar$ 의 공정 압력과 100 0 내지 5000W의 높은 평균 플라즈마 출력으로 에칭을 실시한다. 반응 가스로서는, 예를 들어 SF_6 이나 ClF_3 가 적합하다. 이때 평균 플라즈마 출력은 본 발명에 따라서 복수의 플라즈마 출력 펄스에서 얻어진 플라즈마 출력을 시간에 대하여 평균한 값이다.

또한, 플라즈마 에칭 시스템(5)에서 유도 결합 플라즈마(14)와 실질적인 플라즈마 여자 영역(plasma exciting zone)인 ICP 소스(13) 사이에는, 예를 들어 알루미늄과 같은 비강자성 재료로 구성된 이격 부품(22: distance piece)으로서 소위 "스페이서(spacer)"가 배치된다. 상기 이격 부품(22)은 반응기와 동축으로 반응기(15)의 벽에 이격 링(distance ring)의 형태로 설치되어 반응기 벽의 일부를 형성한다. 또한, 상기 이격 부품은 보통 30 내지 100cm의 반응기(15) 직경에서 약 5 내지 30cm의 높이를 갖는다.

한편, 이격 부품(22)은 바람직한 실시 형태로서 자장 코일(21)로 둘러싸이는데, 이 자장 코일은, 예를 들어 100 내지 1000개의 권선을 가지며 얇고자 하는 전류 강도에 충분한 두께 만큼의 구리 코팅 와이어로 피복된다. 추가로, 자장 코일(21)의 내부에는 이 자장 코일(21)에 발생된 열을 배출하기 위하여 냉각수가 유동하는 구리관이 배치될 수 있다.

이와 달리, 자장 코일(21)은 절연제로 코팅된 얇은 구리판으로 피복될 수도 있는데, 이 때문에 자장 코일 내에 냉각수가 직접 유동할 수 있다.

자장 코일(21)을 통하여, 그리고 전류 공급 유닛(23)에 의해서, 예를 들어 10 내지 100A의 전류가 유도된다.

상술한 제 1 실시예에 있어서, 상기 전류로서는, 예를 들어 반응기(15)의 내부에서 정전 자계를 발생시키는 직류가 사용되며, 상기 정전 자계는 100개의 권선과 10cm의 길이 및 40cm의 직경을 갖는 자계 코일(21)의 경우에, 예를 들어 약 0.3mTesla/A의 자계 코일(21)의 중심에서 자계 강도를 발생시킨다.

이외에도, 자장 코일(21) 대신에, 영구 자석이 사용될 수 있다. 그렇지만, 바람직하게는 에너지를 필요로 하지 않는 형태의 영구 자석은 에칭 공정을 최상으로 조절하기 위한 자계 강도를 조절할 수 없다는 단점을 갖는다. 더욱이, 영구 자석의 자계 강도는 온도에 종속되기 때문에 자계 코일(21)이 바람직하다.

각각의 경우에, 자계 코일(21)이나 영구 자석에 의해서 발생된 자계의 방향은 적어도 기판(10)과 유도 결합 플라즈마(14) 혹은 플라즈마 여자 영역의 결합 라인에 의해서 정의된 방향과 근사하거나 주로 평행하다는 점(자계를 종방향으로 설정함)이 중요하다.

또한, 상기 실시예의 다른 바람직한 실시예에서는 에칭 공정을 균일하게 향상시키기 위하여 반응기(15)의 내부에서 이 반응기의 벽과 동축으로 형성된 독일특허 제 DE 197 34 278 호에 따른 구명이 플라즈마 여자 영역인 ICP 소스(13)와 기판(10) 사이에 제공된다. 도 1에서는 명확한 표현을 위하여 상기 구명을 도시하지 않는다. 바람직하게는, 상기 구명은 기판 전극(11)이나 기판(10)으로부터 약 5cm 가량 위쪽에서 이격 부품(22: 스페이서) 상에 고정된다.

또한, 전류 공급 유닛(23)에서 자계 코일(21)을 사용하는 경우에는 공지된 장치로서 적당한 모니터링 장치가 구성되어야 하는데, 이 모니터링 장치는 공정 진행 단계를 제어할 뿐만 아니라 코일 온도를 모니터링하고, 또한, 예를 들어 냉각수가 소실되는 경우에 비상 차단을 실시한다.

상기 ICP 코일 발생기(17)는 에칭 단계와 패시베이션 단계 동안 최소 300 내지 최대 5000W 사이의 시평균 내에서 펄스화된 플라즈마 출력을 추가로 연결한다. 바람직하게는, 에칭 단계 동안에는 2000W의 시평균으로, 패시베이션 단계 동안에는 500W의 시평균으로 연결된다.

추가로, 본 발명에서는 연결 플라즈마 출력의 펄스화를 가능하게 하기 위하여, 펄스화 동안에 ICP 코일 발생기(17)에 의해서 발생된 고주파 출력의 임피던스를 펄스화된 플라즈마 출력으로 변경된 플라즈마 임피던스에 따라 일정하게 조절한다. 또한, ICP 코일 발생기(17)가 발생시키는 고주파 전자기 교번 자장의 주파수는 임피던스를 조절하기 위하여 소정의 밴드폭 범위로 변경된다.

또한, 바람직하게는 대칭적으로 형성되며 ICP 소스(13)에 대칭적으로 제공된 조절 네트워크는 제 2 임피던스 변압기(18) 내에서, 연결 고주파 플라즈마 출력 펄스가 최대값에 도달할 때 항상 최상의 임피던스 조절이 수행되도록 먼저 조절된다. 보통 고주파 플라즈마 출력의 최대값은 펄스와 펄스 중간 시기 사이의 비율이 1:1 내지 1:10을 가질 때 3 내지 20kW이다.

추가로, 연결 전자기 교번 자장의 주파수는, 고주파 플라즈마 출력 펄스가 최대값에 도달할 때 ICP 코일 발생기(17)에 의해 발생된 고주파 전자기 교번 자장의 정류 주파수나 공진 주파수(1")도 최대값에 도달하는 형태로 변환된다. 이때, 정류 주파수(1")는 바람직하게는 13.56MHz이다.

플라즈마 출력을 펠스화할 때, 발생된 고주파 출력이나 ICP 코일 발생기(17)의 임피던스를 플라즈마 출력의 함수로서 플라즈마(14)의 다른 임피던스로 항상 적어도 폭넓게 조절하기 위하여, 전자기 교번 자장의 주파수는 정류 주파수(1")로 변환한다. 또한, ICP 코일 발생기(17)의 주파수는 소정의 밴드폭 범위 내에서 정류 주파수(1")로 릴리즈(release) 될 뿐만 아니라 임피던스 조절용 표준 전자 부품에 의해서 상기 밴드폭으로 변환된다.

도 3에서는 미리 작성된 주파수 대역(밴드폭)을 나타내는 특성 곡선(1')을 이용하여 주파수 변환을 설명하는데, 이 주파수 대역의 범위 내에서 ICP 코일 발생기(17)의 주파수가 변환되며, 이때 소정의 고주파 출력이나 여기하고자 하는 플라즈마 출력에 각 주파수가 할당되거나 ICP 코일 발생기(17)의 출력에 댐핑값 A가 할당된다. 여기서, 정류 출력의 경우에 알고자 하는 주파수는 플라즈마 출력 펠스화 동안 각 펠스가 최대 출력에 도달할 때 적어도 근사하게 각각 제시되는 정류 주파수(1")이다.

도 2를 참조하여 자동 피드백 회로의 형태에서 임피던스를 조절하기에 적합한 전자 회로의 다른 세부사항들을 설명한다. 먼저, ICP 소스(13), 더 구체적으로 말해서 ICP 소스의 코일들은 독일특허 제 DE 199 00 1790 호에 공지된 방식에서, 특히 균형을 이루도록 대칭된 조절 네트워크(2)에 의해서 균형 상태가 아닌 비대칭된 ICP 코일 발생기(17)의 출력으로부터 제공된다. 이때, 조절 네트워크(2)는 제 2 임피던스 변압기(18)의 일부품을 이룬다. 또한, ICP 코일 발생기(17)는, 예를 들면 13.56 MHz의 규정 주파수를 갖는 고주파 형태의 기본 주파수(fundamental frequency)를 발생시키기 위한 고주파 출력 증폭기(3)와 수정 발진기(4: quartz oscillator)를 갖는다.

상기 수정 발진기(4)의 고주파 기본 주파수는 종래 기술에 따른 일반적인 방식에 따르면 출력 증폭기(3)의 증폭기의 입력단에 제공된다. 그렇지만, 상술한 바와 같이 제공되는 경우에 먼저 수정 발진기(4)는 적어도 출력 변화 상태(output changing phase) 동안 출력 증폭기(3)의 증폭 입력단에 의해서 분리되어, 예를 들어 상용하는 엔트리 허브(entry hub)를 거쳐서 이 증폭 입력단의 외부에 도달하도록 변조된다. 본 실시예에서 사용하는 수정 발진기(4)가 복수의 기능을 제공하지는 않기 때문에, 수정 발진기는 복수개의 형태로 운영될 수도 있다.

이외에, 정적 상태에서, 즉 출력 변화를 중단한 후에 수정 발진기(4)를 다시 증폭 입력부와 접속하여 외부 피드백 회로로부터 분리할 수 있다. 이로 인하여, 발생기의 출력단축 출력을 정확하게 정지시키거나 변화시키느냐에 따라서 내부 발진기와 외부 피드백 회로 사이에서 전기적으로 매우 신속하게 전환할 수 있다.

출력 증폭기(3)는 공지된 방식에 따라서 ICP 코일 발생기(17)를 외부에서 제어하기 위한 추가의 발생기 제어 출력단(9)을 제공한다. 이외에도, 예를 들면 ICP 코일 발생기(17)를 온·오프시킬 수 있을 뿐만 아니라 플라즈마(14) 내에서 여기시키기 위한 고주파 출력의 유효 범위를 설정할 수 있다. 또한, 도시하지 않은 외부 제어 장치(기계식 제어)나 플라즈마 에칭 시스템(5)의 전류 공급 유닛(23)에는, 예를 들어 발생기의 동작 상태, 현재의 출력율, 반사 출력, 과부하 등과 같은 발생기의 데이터에 응답하기 위한 발생기의 상태 출력단(9')이 제공된다.

상기 출력 증폭기(3)의 증폭 입력단은 피드백 회로의 견지에서 적어도 일시적으로, 즉 출력 변화 상태 동안 주파수 선택 구조(1)를 거쳐서 ICP 소스(13)와 결합된다. 이때, 추가로 콘덴서와, 인덕터와, 저항 또는 이들의 조합된 형태가 공지된 방식을 통하여 전위계로서 사용되거나, 또는 주파수 선택 구조(1)를 위한 입력값으로서 혹은 출력 증폭기(3)의 증폭 입력값에 적합한 조치를 통하여 ICP 소스(13)의 코일에 발생하는 높은 전압을 감소시키기 위하여 제공될 수 있다. 상기 전위계는 종래 기술에 따르며 도 2에서는 ICP 소스(13)의 코일, 즉 신호 텁(25)과 주파수 선택 구조(1) 사이에 배치된 하나의 출력 콘덴서(24)만을 도시한다. 이외에도 도시한 바와 같이 ICP 코일(13)의 코일 접지 중간점 근처에서 또는 중간 텁(26) 근처에서 신호 텁(25)을 연결할 수 있는데, 이곳에서 상용하는 작은 전압 레벨이 형성된다. 예를

들어, 조절 가능한 클램핑 접점(clamping contact)으로서 역할할 수 있는 신호 텁(25)이 ICP 소스(13)의 코일의 접지 중간 텁(26)으로부터 이격된 거리에 따라서 크고 작은 유도 전류가 적용될 수 있으며 이로 인하여 바람직한 레벨비에 도달할 수 있다.

주파수 선택 구조(1)는 경험에 의하면 조절 가능한 코일과 콘덴서 형태의 설비로서, 소위 LC 공진회로를 나타내는데, 이 공진회로는 밴드 필터(band filter)를 구성한다. 상기 밴드 필터는 전달 영역으로서, 예를 들어 0.1 내지 4MHz의 소정 밴드폭과 도 3에 개략적으로 도시한 바와 같은 필터 특성 곡선(1)을 갖는다.

특히, 밴드 필터는 최대 신호 전달이 가능한 공진 또는 정류 주파수($1''$)를 갖는다. 이 정류 주파수($1''$)는 본 실시예에서 13.56MHz에 이르며, 특히 발진기의 결정체(6: oscillator crystal)나 압전 세라믹 필터 부품에 의해서 밴드 필터의 추가 구성 부품으로서 정확하게 결정될 수 있다. 이외에도, 상기 부품으로서는 LC 공진회로 대신에 원하는 필터 특성 곡선, 밴드폭 및 정류 주파수($1''$)를 갖는 밴드 필터용으로서, 소위 압전 세라믹 필터 부품이나 공지된 주파수 선택 부품을 조합하여 구성할 수도 있다.

조절용 출력 발진기(3), 조절 네트워크(2), ICP 소스(13) 및 밴드 필터를 상술한 바와 같이 배치함으로써, 전체적으로 마이스너(Meissner)의 발진기 형태에 따른 피드백 회로를 구성한다. 구동시, 이 회로는 먼저 출력 발진기(3)의 소정 출력 회로의 진폭을 최대로 확장시키기 위하여 정류 주파수($1''$) 근처에서 진동한다. 발진기 출력단과 신호 텁(25) 사이에서 진동에 필요한 위상 표시는, 예를 들어 딜레이 출력(7: delay output)에 의해서 정의되는 길이와, 이 딜레이 출력(7) 대신에 신호 진행 시간을 정의하는 위상 변환이나 공지된 위상 변환기를 통하여 단 한번에 조절될 수 있다. 이로 인하여 ICP 소스(13)의 코일은 최적의 상태로 댐핑 감소를 보장할 수 있다.

또한, 딜레이 출력(7)은 ICP 소스(13)의 위치에서 ICP 소스(13)의 코일 내의 구동 전압과 전류가 약 90 °의 공진 위상을 갖도록 할 수 있다. 이외에도 실제로, 피드백 회로의 공진 조건(resonant condition)은 주파수 선택 구조(1)에 의해서 위상과 관련하여 공진 조건을 자동 수정하기 위하여 공진 주파수나 정류 주파수($1''$) 근처에서 낮은 주파수 변환이 이루어지는 구성을 갖는다. 따라서, 공진 조건은 외부 회로에 의해서 대부분 수정될 정도로 충분하며, 이로 인하여 공진회로는 이 공진회로의 정류 주파수($1''$) 주변의 어딘가에서 증폭된다.

그렇지만, 모든 위상 변환이 ICP 코일(13)의 코일의 신호 텁(25)으로부터 밴드 필터를 거쳐 출력 발진기(3)의 입력단으로, 그리고 출력 발진기를 거쳐서 제 2 임피던스 변압기(18)쪽으로 귀환된다면, ICP 소스(13)의 코일에서 공진회로의 댐핑을 감소시키는 것 대신에 정확한 댐핑이 실시되어 시스템이 진동하지 않을 수 있도록 유리하게 증가된다. 이후, 피드백 회로는 원하는 포지티브 피드백(positive feedback) 대신에 원치 않는 네가티브 피드백(negative feedback)으로 전환된다. 적어도 근사하게 수정된 위상을 조절함으로써 피드백 회로가 구조적으로 또한 댐핑 감소의 형태로 작용하도록 딜레이 출력(7)의 크기를 조절할 수 있다.

전체적으로, 예를 들어 신속한 출력 변화 동안 플라즈마 임피던스에 대한 에러를 조절하는 경우에, 상술한 피드백 회로는 밴드 필터의 필터 영역 안쪽에서 피드백 회로의 주파수를 변조할 수 있으며, 이로 인하여 유도 결합 플라즈마(14)의 신속한 임피던스 변화시에도 임피던스를 최상의 상태로 조절할 수 있다. 상술한 바와 같은 신속한 출력 변화동안, 상술한 피드백 회로는 항상 작동 상태에 있으며 발생기(17)의 내부 발진기(4)는 중단 상태에 있다.

그후, 유도 결합 플라즈마(14)가 플라즈마 임피던스나 여기 플라즈마 출력과 관련하여 안정되자마자, ICP 코일 발생기(17)의 주파수는 정류 주파수($1''$)에 의해 주어지는 최대 필터 주파수 근처나 이 주파수 이상으로 귀환된다. 주파수 변화를 통한 임피던스의 조절은 자동으로 수행되며 ICP 코일 발생기로부터 발생된 고주파 교번 전압의 낮은 진동 주기로, 즉 마이크로초 영역으로 매우 신속하게 조절된다.

이외에도, 출력 발진기(3)의 출력단과 제2 임피던스 변압기(18)의 입력단을 결합시킴으로써 동축케이블로 형성된 출력(8)은 수 kW에 이른다.

유도 결합 플라즈마로 펠스화된 플라즈마 출력을 여기시키기 위하여, ICP 코일 발생기(17)의 출력단은, 예를 들어 10 Hz 내지 1MHz, 바람직하게는 10kHz 내지 100kHz의 반복 주파수를 주기적으로 온·오프시킬 수 있는데, 다시 말하면 펠스화시킬 수 있다.

이와 달리, 적절한 모듈 전압을 갖는 ICP 코일 발생기(17)의 출력 전압을 나타내는 곡선에서는 증폭이 변조될 수 있다. 증폭 변조를 위한 이와 같은 장치는 고주파 기술로부터 충분히 공지되어 있다. 이를 위하여, 예를 들면 ICP 코일 발생기(17)의 고주파 출력을 제한하기 위한 발생기 제어 입력단(9)이 사용되며, 이로써 ICP 코일 발생기(17)의 고주파 출력은 모듈 신호를 저장한다.

물론, 플라즈마 출력을 펠스화할 때 ICP 코일 발생기(17)와 플라즈마 시스템(5)의 해당 부품은 발생된 피크 부하(pe ak load: 전류 피크와 전압 피크)를 손상없이 처리할 수 있도록 설치된다. 유도 코일에서 발생하는 높은 전압 피크에 기초하여, 균형 상태에 이른 ICP 소스(13)는 바람직한 플라즈마 특성을 포함하여 공급될 수 있다.

보통 펠스화된 플라즈마 출력을 갖는 플라즈마 에칭 공정에서 펠스 대 펠스 중단 비율, 즉 펠스 시간과 펠스 중단 시간 사이의 비율은 1:1 내지 1:100 사이의 범위를 갖는다. 플라즈마 출력 펠스를 발생시키기 위한 개별 고주파 출력 펠스의 증폭은 500 내지 20,000W, 바람직하게는 약 10,000W에 이르며, 이때 예를 들어 펠스 대 펠스 중단 비율을 조절함으로써 평균 플라즈마 출력을 조절할 수 있다.

상술한 실시예의 진보된 형태로서 또 다른 실시예에서는 경우에 따라서 자장 코일(21)에 의해서 발생된 자계를 펠스화시킨다. 그렇지만 이때, 일정하게 펠스화된 자계를 사용하게 되면 플라즈마 출력 펠스를 이용한 본 발명에 따른 플라즈마 에칭 방법에서 유용하지만 이 방법을 강요하지는 않는다. 각각의 경우에 따라서, 다른 자계를 포기할 수도 있다.

특히 바람직하게는, 유도 결합 플라즈마(14) 내에 플라즈마 출력을 발생시키거나 여기시키기 위한 고주파 출력 펠스가 ICP 소스(13) 상에 노출될 때에만 자계가 형성될 수 있는 형태로, 전류 공급 유닛(23)에 의해 발생되는 전류 펠스에 의해서 형성되는 자계를 펠스화시킬 수 있다. 플라즈마 출력이나 플라즈마가 여기되지 않는다면 일반적으로 자계를 보조할 필요가 없다.

도 4에서는 자계 코일(21)에 의해서 플라즈마(14)의 플라즈마 출력과 전류 펠스를 여기시키기 위하여 상술한 고주파 출력 펠스를 시간에 따라 동기화시킨 모양을 도시한다. 이때, 코일 전류는 자계 코일(21)을 통하여 고주파 출력 펠스 바로 전에 가동되며 이 펠스가 종료한 직후에 다시 중단된다. 이때, 전류 출력 펠스 혹은 플라즈마 출력 펠스의 시간에 따른 동기화는, 예를 들어 전류 공급 유닛(23)내에 구성된 것으로서 일반적으로 알려진 펠스 생성기에 의해서 보장될 수 있는데, 상기 펠스 생성기에는 자계 펠스(21)에 전류를 가한 후에 조절된 고주파 임펄스 시간을, 예를 들어 10%만큼 딜레이시킴으로써 플라즈마 출력 펠스를 변조시키거나 플라즈마 출력 펠스가 종료한 후에 조절된 고주파 임펄스 시간을, 예를 들어 10%만큼 딜레이시킴으로써 상기 전류를 변조시키는 추가의 시간 회로(time circuit)가 제공된다. 또한, 이를 위하여 전류 공급 유닛(23)과 ICP 소스 발생기(17)를 결합시킬 수 있다. 상기 동기화 회로와 필요한 시간을 증폭하기 위한 상응하는 시간 회로는 공지 기술에 따르며 일반적으로 알려져 있다. 또한, 전류 공급 유닛(23)은 ICP 코일 발생기(17)와 결합된다. 이외에도, 자계 코일(21)을 통과하는 전류 펠스 시간은 바람직하게는 항상 플라즈마 출력 펠스의 시간보다 더 길다.

통상적인 반복율이나 펠스율은 자계 코일(21)의 인덕턴스에 따라 설정되는데, 이 인덕턴스는 코일 전류의 변환 속도를 제한한다. 대부분의 자계 코일(21)에 대하여 기하학적인 형상에 따라서 수 10Hz 내지 수 10kHz의 반복율이 실용적이다. 플라즈마 출력 펠스를 위한 통상적인 펠스 대 펠스 중단 비율은 1:1 내지 1:100이다.

이와 관련하여, 자계 코일(21)의 하부에서 독일특허 제 DE 197 34 278.7 호에 공지되어 있으며 상술한 바와 같은 구

명은 기판(10)이나 이 기판(10)에 지지된 기판 전극(11) 상에서 수 cm로 설정된다. 상기 구멍을 설치함으로써, 한편으로는, 특히 대칭적으로 제공된 ICP 소스(13)를 구비한 기판 표면상에서 에칭 변형성을 향상시킬 수 있다. 또한, 기판(10)의 위치에서 시간에 따라 변화될 수 있는 트랜지스터의 자계도 감소된다. 이때, 상기 구멍에는 시간에 따라 변화될 수 있는 자계 부품의 탐핑을 감소시키기 위하여 기판(10)의 바로 앞에서 와류가 형성되기 때문에 기판(10) 상에서 인덕턴스 과정은 저절로 약화된다.

소위, 트랜지스터와 같은 다른 자계에서는 기판(10)상에 부착된 안테나 구조물에 전압이 유도될 수 있는데, 이때 상기 안테나 구조물에서는 스위칭 회로나 특히 자계 효과 트랜지스터를 갖는 경우에 상기 전압으로 인하여 기판(10)이 손상될 수 있다.

상기 실시예의 추가 형태로 또다른 실시예가 제공되는데, 이 실시예에서는 필요한 경우에 플라즈마 출력의 폴스 외에도 기판(10)에 배치된 기판 전극(11)을 거쳐서 접하여 기판 전압 발생기(12)에 의해서 발생된 고주파 출력이 폴스화된 것으로서 상술한 바와 같이 ICP 코일 발생기를 거쳐서 시간에 따라 일정하거나 폴스화된 자계를 동시에 사용할 뿐만 아니라 플라즈마 출력과 기판 전압의 폴스화 또는 플라즈마 출력, 기판 전압 및 자계의 폴스를 서로 동기화할 수 있다.

기판 전극(11)에 여기된 폴스 고주파 출력의 폴스는 바람직하게는 상기 ICP 코일 발생기(17)에 의해 발생된 플라즈마 출력 폴스가 지속되는 동안 기판 전압 발생기(12)를 거쳐서 고주파 출력이 기판(10)에서 여기되는 형태로 형성된다. 또한, 예를 들면 플라즈마 출력 폴스 동안, 또한 포지티브하게 적층된 이온 및 전자와 관련하여 최대 플라즈마 두께가 형성될 때에도 하나 이상의 고주파 출력 폴스가 기판 전압 발생기(12)에 제공된다.

이와 달리, 기판 전극(11)에서 여기된 고주파 출력의 폴스는 하나 이상의 기판 전압 발생기 폴스가 플라즈마 출력 폴스의 임펄스 중단 동안 여기될 수 있도록 형성될 수도 있다. 이 경우에, 플라즈마가 활성적이지 못하거나 포지티브하게 적층된 이온 및 전극과 관련하여, 그러나 네가티브하게 적층된 이온, 소위 음이온과 관련하여 최소 두께를 갖는다면 기판 전압 발생기에 의해서 여기된 고주파 출력은 정확하게 여기되며, 상기 음이온은 전자와 중성자의 재반응에 의해서 붕괴 플라즈마 내에 구성된다. 정확하게 오프된 플라즈마의 상기 시간 위상, 정확하게 오프된 플라즈마의 소위 "애프터그로우 레짐(afterglow regime)"은 전자와 포지티브하게 적층된 이온 또는 중성자의 재조합 공정에 의해서 증착된다. 상기 애프터그로우 레짐에서 기판 전극 출력이 하나 이상의 폴스 형태로 활성되면, 이것은 처리하고자 하는 기판(10) 상에서 소정의 형태로 사용될 때, 예를 들어 에칭 정지 동안 높은 비율로 SiO₂와 같은 침투된 유전체 상에 안내되어 원하는 값의 웨이퍼 효과를 이끌며, 특히 플라즈마 에칭 공정이 실질적으로 역할하지 못하는 네가티브하게 침투된 이온의 중식을 야기시킨다. 상술한 내용에서는 플라즈마 출력 폴스의 시간에 따른 보정을 실시하며 기판 전극(11)에서 여기된 고주파 출력 폴스가 실질적으로 지속 시간 동안 계속되어 ICP 코일 발생기(17)의 짧은 중단 시간 내에 기판(10)에서 기판 전압 발생기(12)를 통하여 고주파 출력 폴스를 여기시키기 위하여 각각 짧은 시간 동안에만 플라즈마 발생을 중단시키는 것이 특히 바람직하다. 전체적으로 ICP 코일 발생기(17)의 기판 전압 발생기 폴스의 반복 주파수를 통하여 기판 전압 발생기의 폴스 지속 시간으로서 길고, 특히 주기적으로 짧은 시간 동안 실시된다. 이 경우에 ICP 코일 발생기(17)의 폴스 대 폴스 중단 시간의 비율은 1:1 내지 20:1에 이른다.

구체적인 에칭 공정에 따라서 기판 전압 발생기(12)에 의해서 기판(10)에 여기된 고주파 출력 폴스와 유도 결합 플라즈마(14)에 여기된 플라즈마 출력 폴스에서 시간에 따른 동기화나 보정에 대한 여러 가지 다른 가능성이 존재한다. 따라서, 기판 전압 발생기 폴스는 플라즈마 출력 폴스뿐만 아니라 플라즈마 출력 중단 시간 동안 여기될 수 있는데, 다시 말해서, 플라즈마 출력 폴스가 각 기판 전압 발생기 폴스 및 플라즈마 출력 중단 시기동안 추가의 기판 전압 발생기 폴스에 대체된다. "플라즈마 인"과 "플라즈마 아웃"에 대한 기판 전압 발생기(12)의 폴스 비율은 "애프터그로우 상태나 플라즈마 발생시 결정된다. 각각 시간에 따른 플라즈마 출력 폴스와 기판 전압 발생기 폴스의 보정은 각 에칭 공정이나 각 에칭 기판을 사용하는 경우에 간단한 시험 에칭에 의해서 실시된다.

특히, 기판 전압 발생기(17)에 의해서 기판(10)에 여기된 고주파 출력 폴스의 시간에 따른 동기화나 보정은 고주파 출력 폴스의 폴스 중단 시기가 짧게 조절되어 각 폴스가 단지 작은 진폭 주기에서만, 특히 기판 전압 발생기에서 발생된 고주파 교번 자장에서 지속되는 고주파 기본 진폭의 10 이하의 진동 주기에서만 플라즈마 출력 폴스로 이루어지는 것이 전체적으로 바람직하다.

이를 위하여, 예를 들면 기본 진폭을 위한 13.56MHz의 주파수는 기판에 여겨된 고주파 출력 펄스를 필요로 하며 그 결과 주파수 기본 진폭 주기는 약 74ns에 해당한다. 10 진폭 주기의 경우에 기판 전압 발생기 펄스의 펄스 지속 시간은 단지 740ns에 이른다. 따라서, 기판 전압 발생기 펄스의 각 임펄스의 반복 주파수는 예를 들어 200kHz이며, 이와 상응하게 펄스 간격은 5000ns이고 펄스 지속 시간은 예를 들어 500ns, 즉 대략 13.56MHz의 고주파 기본 진폭의 7 진폭 주기는 펄스 대 펄스 중단 비율이 1:9로 조절된다. 시간에 따라 약 20W의 평균에 도달하면, 기판(10)에 여겨 된 고주파 출력은 200W의 고주파 전압 발생기 펄스의 최대 출력을 필요로 하며, 이것은 큰 고주파 출력 진폭에 상응하게 포함된다.

그렇지만, 각 기판 전압 발생기 펄스의 최대 출력은 더 작거나 더 높을 수도 있으며, 예를 들어 1200W에 이를 수도 있다. 기판(10)에 여겨된 고주파 출력의 시평균은 상술한 실시예에서 각 펄스의 최대값의 10배에 이른다.

기판(10)에 여겨된 고주파 출력의 시평균의 조절 파라미터로서 펄스 대 펄스 중단 비율, 또한 각 기판 전압 발생기 펄스의 출력의 최대값이 사용될 수 있다. 따라서, 기판 전압 발생기 펄스가 예를 들어 1kW의 고정값으로 조정되며 펄스 대 펄스 중단 비율이 기판(10)에 여겨된 고주파 출력의 시평균이나 펄스 대 펄스 중단 비율을 조정하도록 조절되며, 결과적으로 시간에 따른 출력 평균값에 도달한다.

상술한 바와 같이 조절하기 위하여, 예를 들면 기판(10)에 여겨된 고주파 출력의 임계치는 아날로그 전압값으로서 각 임펄스의 반복 주파수로 조절되며, 따라서 기판 전압 발생기(12)에 의해 주어진, 그리고 기계식 제어에 의한 출력은 정확하게 임계치의 시평균에 해당한다. 아날로그 전압치를 주파수로 변환하기 위하여 공지된, 소위 U/f 벡구조(전압/주파수 변환) 혹은 VCOs(전압 제어 진폭기)로 조절된다.

주어진 짧은 시간 범위에서 기판 전압 발생기(12)를 이용한 고주파 펄스의 발생은 기술적으로 비교적 문제없이 이루어 지는데, 이것은 고주파 발생기가 30ns의 증가 및 감소 시간을 포함하며, 100ns의 펄스 지속 시간동안 정점 출력에서 더 많은 kW까지 가동될 수 있기 때문이다.

수 100ns 동안 기판(10)에 여겨되며 기판 전압 발생기(12)에 발생된 상술한 고주파 출력 펄스는 고주파 출력이 각 임펄스 범위에서 항상 균일하게 이루어지는 재발생 능력을 개선시킨다. 또한, 각 임펄스를 위하여, 예를 들어 전체적으로 13.56MHz의 고주파 진폭 주기가 0을 통과하거나 +부호쪽으로 변환을 시작하여 각 임펄스의 중단이 0을 가지면 경우에 따라서 +부호에서 종료하도록 이루어진다.

각 임펄스 과정의 동기화와 고주파 기본 진폭 과정의 동기화는 각 임펄스를 시작하기 위하여 고주파 기본 진폭의 포지티브한 정현 반파로 시작하며 각 임펄스를 포지티브한 반파, 즉, 각 임펄스를 네가티브 정현 반파로서 포지티브 정현 반파로서 종료한다. 네가티브 정현 반파는 상응하는 동기화를 통하여 포지티브 정현 반파로서 각 임펄스로 여기되며, 이 경우에 각 임펄스는 고주파 신호의 네가티브 정현 반파로 시작하고 종료한다.

상술한 동기화없이, 포지티브 및 네가티브한 정현 반파는 발생된 고주파 펄스로 상이하게 감소하며, 이때 기본적인 차이점은 두 개의 정현 반파가 생성된다는 것이다. 이것은, 특히 진폭 주기가 낮을 때에 기판 전압 발생기(17)에 의해 발생된 고주파 펄스의 범위에서 각 임펄스들의 신호 과정의 정적인 차이점과, 특히 포지티브 및 네가티브 정현 반파 회수와 관련하여 서서히 변화하는 비율에 영향을 미치며, 이것은 전체 에칭 공정의 재반응 능력과도 네가티브하게 영향을 미친다.

균일한 고주파 전압 과정이 기판 전압 발생기(12)의 각 임펄스 내에 존재하도록 하기 위하여, 각 임펄스를 고주파 기본 진폭으로 동기화 시키기 위하여 바람직하게는 도 5로 설명된 전자기 회로에 기판 전압 발생기(12)가 추가로 구성될 수 있다.

도 5에 따른 각 회로에는 먼저 구성된 주파수 발생기를 구비한 제어 장치(32)가 제공되는데, 상기 주파수 발생기는 예를 들어 200kHz의 해당하도록 여기될 수 있다. 그렇지만, 상기 반복 주파수는 기판 전압 발생기(12)의 임펄스 출력에서도 플라즈마 에칭 시스템(5)의 제어 출력의 임계치를 낮출 수 있으므로 기판 전압 발생기(12)에 의해서 각 임펄스의 형태로 주어지며 임계치로서 주어진 출력에 영향을 미치는 출력에 해당하며, 이것은, 예를 들어 간단한 전압 주파수 변환을 실시할 수 있다.

제어 장치(32)의 주파수 발생기의 전압은 다시 공지된 U/f 변환 장치(34)에 배치된 주파수로 선택되며, 이와 동시에 D 입력단과 D 플립 플롭(35)의 클리어 입력단(CLR 입력단)에 해당하는 주파수에 도달한다. 이로 인하여, D 플립플롭(35)은 해제(클리어에서 0 레벨)될 수 있으며 또한 전압이 0 레벨을 갖는 경우에 설정(D 입력단에서 0레벨)된다.

D 플립플롭(35)의 시간 입력단으로서 또한 조절 가능한 위상 변환기(30)에 의해서 적당하게 처리된 고주파 발생기(31)의 진폭 전압으로 재배치되며, 이것은 예를 들어 13.56MHz의 고주파 교번 자장을 발생시킨다. 이 출력은 사용된 HF 발생기에서 CEX 출력단으로서 계산된다(공통 여자기).

주파수 발생기의 신호가 0에서 1로 교변되자마자, D플립플롭(35)은 각각 먼저 HF 발생기(31)의 고주파 교번 전압에 의해서 포지티브 정현 반파로 설정되며, 주파수 발생기가 다시 1에서 0으로 교변되어 D 플립플롭(35)의 클리어 입력 단을 거쳐 0레벨로 반환된다.

D플립플롭(35)의 출력단은 다시 모노플롭(33)의 시간 입력단과 결합되며, 그 결과 모노플롭(33)은 D플립플롭(35)의 설정과 동시에 각 임펄스가 주어지며, 이 임펄스 지속 시간은 모노플롭(33)에 구성된 저항 -콘덴서의 조합에 의해서 이루어지는데, 특히 매우 짧은 시간, 특히 100ns로서 더 짧은 시간 내에 선택될 수 있다. 모노플롭(33)의 각 임펄스는 고주파 발생기(31)의 펄스 입력단에 안내되어 증폭되며, 각 임펄스가 발생기 출력단(36)에 도달하는 시간 동안 고주파 출력 임펄스, 즉 낮은 고주파 진폭 주기로 구성된 전압 패키지를 형성한다. 이로 인하여, 발생기 출력단(36)에 형성된 출력 신호는 내부 고주파 발생기(31)의 고주파 기본 진폭에 대하여 항상 동기화되며, 그 결과 기판 전압 발생기(12)의 출력 신호는 출력단(36), 즉 발생된 그리고 기판(10)에 여기된 기판 전압 발생기 펄스가 항상 균일하도록 형성된다.

D 플립플롭(35)과 모노플롭(33)의 조합은 주파수 발생기의 주기에 대하여 선택된 시간의 각 임펄스만이 발생되도록 할 수 있으며, 이 시간은 고주파 발생기(31)의 교번 전압을 동기화시킬 수 있다. 이로 인하여 기판 전압 발생기(12)에 발생된 출력 임펄스는 지속 시간을 조절할 수 있으며, 항상 신호 변화를 균일하게 유지하여 고주파 발생기(31)의 고주파 기본 진폭을 동기화시킬 수 있다.

고주파 발생기(31)의 CEX 출력단과 D 플립플롭(34)의 시간 입력단 사이의 위상 변화기(30)는 고주파 발생기(31)의 각 입력 펄스 혹은 출력 펄스의 위상 위치가 펄스 폭 범위에서 가변되는 고주파 진폭 주기를 포함함을 의미한다. 이 때문에 상기 위상 변환기는 교번 자장의 고주파 진폭 주기가 기판 전압 발생기(12)의 출력 임펄스의 조절을 통하여 시작하고 출력 임펄스의 변환을 통하여 종료됨으로써 각 출력 임펄스는 정확한 수의 진폭 주기 혹은 정현 반파를 포함하도록 할 수도 있다. 간단한 경우에, 위상 변환기(30)는 규정된 길이의 동축케이블이 사용될 수 있다.

도 5에 도시한 회로는 주로 단지 실험적으로 도시한 것이다. 이 위치에서, 다른 추가의 장치, 예를 들어 발생된 진폭기의 주파수가 분배되며 각 임펄스들 사이에서 각 임펄스와 중단 시기를 결정하는 동기 분배기가 사용될 수 있다.

본 실시예에 제시된, 특히 매우 짧은 고주파 출력 펄스의 바람직한 효과는 기판 전압 발생기(12)에 의해서 기판(10)에 여기된 높은 진폭을 갖는데, 이것은 플라즈마(14)에서 역학적으로 고려된다.

기판 전압 발생기(12)에 의해서 고주파 전압이나 고주파 출력이 작용되는 플라즈마(14)에 형성된 기판 전극(11)에는,

공지된 방식으로 플라즈마(14)에 비하여 네가티브 직류가 발생한다. "바이어스 전압" 또는 "셀프 바이어스"로서 표기한 직류는 전기적 교변 자장에서 전자와 포지티브 이온의 상이한 운동 가능성으로부터 기인한다. 경전자가 고주파 교변 자장에 대하여 순간적일 때, 그리고 교변 전압의 포지티브 반파가 기판 전극(11)에 매우 가깝게 도달할 때, 이들은 실질적으로 포지티브 이온을 위하여 교변 전압의 네가티브 반파 동안 전기장의 주파수보다 항상 낮다. 결과적으로, 기판(11)의 네가티브 출력에 대하여 발생된 전자의 흐름을 통하여 출력값이 조절되며 시평균적으로 포지티브 이온과 같이 균일한 전자들이 기판 전극(11)에 도달한다. 네가티브 출력값은 기판 전극의 전압에 해당한다.

도 6은 하나의 플라즈마(14)가 구성되며 기판 전압 발생기(12)로 구성된 고주파 출력이 제공된 기판 전극 표면 부품(37)을 위한 간단한 전기 회로를 설명하기 위한 도면이다. 접지를 위한 커플링이 저항 R과 다이오드 D의 병렬 회로로 표기한 플라즈마(14)에 의해서 형성된다. 다이오드 D는 플라즈마(14)에서 전자와 이온의 상이한 운동성을 통한 자기동류 방향의 효과에 영향을 미친다(저항). 캐패시터 C(블라인드 저항)는 실질적으로 기판 전극(11)의 적응성 상수이다.

펄스 구동시, 고주파 기판 전압 발생기의 펄스를 사용함으로써, 기판 전극(11)에는 각 펄스의 시작이 기판 전극 전압에 형성되고 고주파 진폭 주기의 회수에 따라 출력값이 얻어진 후에 다시 종료된다. 고주파 진폭 폐키지 후에, 임펄스 동안 상기 기판 전극 전압은 감소된다. 정적인 기판 전극 전압이 도달할 필요가 있을 때 진폭 주기의 일반적인 회수는 13.5 6MHz의 고주파와 고밀도 유도 결합 플라즈마(14)에서 약 20 내지 100 진폭 주기로 설정된다.

매우 짧은 임펄스를 사용함으로써, 낮은 진폭 주기에서만, 주로 10 진폭 주기 이하를 포함하는 경우에, 기판 전극 전압의 출력값은 아직 도달하지 못하며 기판 전극 전압의 상승을 제한한다. 이것을 도 7에서 설명하며, 이 도면에서는 기판 전극 전압 U_{Bias} 가 기본 진폭의 진폭 주기 n 의 함수로서 기판(10)에 여기된 고주파 교변 자장(13.56MHz)으로 여기 된다.

수회의 진폭 주기 후에 출력값으로서 국부적인 전압의 여기 크기는 실질적으로 저항 R(플라즈마로 에너지 확산)과 콘덴서(블라인드 출력 부품)의 캐패시터 C에 따른다. 기판 표면에서 수회의 진폭 주기 후에 조절된 기판 전극 전압의 출력값은 플라즈마 저항 R의 크기에 따르며(도 6참조), 이것은 플라즈마(14)로 에너지 확산에 의해서 일반적으로 기판(10)에 대하여 획으로 형성된다.

따라서, 플라즈마(14)에서, 예를 들어 기판(10)의 중간과 가장자리 사이의 에너지 확산과 관련하여 국부적으로 차이가 존재하며, 이것은 기판(10)의 표면 영역들 사이에서 전압 구배를 유도한다. 이 전압 구배는 다시 기판(10)의 표면이 사용된 유전 마스크층(포토층, SiO_2 마스크 등)에 따라서 예상시 적어도 국부적으로 전기 절연되거나 유도될 수 있도록 보강된다.

기판 표면(10)이 상술한 효과에 기초하여 등가 대역면을 갖지 않으며, 기판의 중간면으로부터 가장자리 사이에서 발생된 전압 구배가 플라즈마(14)에 대하여 전기 렌즈로서 작용되는 한, 기판(10)에 가속된 이온은 감소되며 이로 인하여 발생된 에칭 프로파일의 결함도 감소시킬 수 있다.

구성된 매우 짧은 기판 전극의 출력 펄스에 의해서, 기판 전극 전압의 뛰어난 출력이 가능한 지역적인 위치에 무관하여 플라즈마 저항 R에 도달할 수 있다. 이것은, 도 7에서 선형 곡선을 따라서 적은 수의 진폭 주기 n 으로 이루어진다. 전체적으로 상술한 조치를 통하여 기판 표면에서 전압 구배는 원치 않는 전기 렌즈 효과의 경우에, 그리고 명백한 감소 프로파일의 경우에 기판으로부터 분리된다.

또한, 비교적 긴 임펄스 중단 동안 비교적 짧은 각 임펄스에 따라서 여기된 각 네가티브 기판 전극의 전압은 적어도 넓게 구성된다. 각 기판 전극 출력 펄스는 동일하게 정의된 출력 상태에 의해서 기판의 표면에 가해진다.

기판 전극 출력의 상술한 펄스화를 통하여 기판 전극 전압의 구조에서, 출력값이 얻어지는 경우에 수회의 진폭 주기 후에 조절될 수 있다. 따라서 높거나 혹은 매우 높은 기판 전극 전압이 20 내지 100V의 시평균으로 실현되며, 상응하는 고주파 정점 출력을 통하여 각 임펄스 동안 작동되어야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

실리콘으로 구성된 기판(10)을 유도 결합 플라즈마(14)를 이용하여 예칭하기 위한 장치로서, 고주파 전자기 교번 자장을 발생시키기 위한 ICP 소스(13)와, 반응 가스에 고주파 전자기 교번 자장을 작용시킴으로써 반응 입자로부터 유도 결합 플라즈마(14)를 발생시키기 위한 반응기(15)를 구비한 예칭 장치에 있어서,

상기 ICP 소스(3)를 이용하여 유도 결합 플라즈마(14)로 여기된 플라즈마 출력 펄스를 발생시킬 수 있는 제 1 수단이 제공되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 수단은 플라즈마 출력 펄스 및 각 펄스 출력의 펄스 대 펄스 중단 비율과 관련하여 조절 가능한 펄스화된 고주파 출력을 발생시킬 수 있는 ICP 소스(17)인 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 ICP 코일 발생기(17)의 출력 임피던스를 여기된 플라즈마 출력 펄스의 각 펄스 출력에 따른 플라즈마 임피던스에 따라 조절하기 위하여, 균형 상태에 이른 대칭 조절 네트워크의 형태로 임피던스 변압기(18)가 제공되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 4.

제 3 항에 있어서, 상기 임피던스 변압기(18)는 유도 결합 플라즈마(14)로 여기된 플라즈마 출력 펄스들이 각각 소정의 최대 펄스 출력에 있을 때 정류 출력의 경우에 최상의 임피던스 조절을 보장할 수 있도록 설정되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 5.

제 2 항에 있어서, 상기 ICP 코일 발생기(17)에는 발생된 전자기 교번 자장의 주파수 변환에 의해서 각 여기 펄스 출력의 기능으로서 임피던스를 조절하는 부품이 구성되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 ICP 코일 발생기(17)에는 주파수 선택 부품(1)을 구비한 자동 조절 피드백 회로가 제공되며, 상기 피드백 회로는 하나 이상의 여기된 출력 증폭기와, 여기하고자 하는 주파수 선택 밴드 필터(1")와, 딜레이 출력(7) 또는 위상 변환기를 갖는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 7.

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 기판(10)과 ICP 소스(13) 사이에서 정적 또는 시간적 변화가 가능하며 특히 펄스화된 자계를 발생시키는 제 2 수단이 제공되는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 8.

제 7 항에 있어서, 상기 제 1 수단은 부설된 전류 제공 유닛(23)이나 영구 자석을 구비한 자계 펄스(21)이며, 상기 자계 펄스(21)에 의해서 발생된 자계는 전류 제공 유닛(23)에 의해서 시간적으로 가변될 수 있으며, 특히 펄스화될 수 있는 것을 특징으로 하는 예칭 장치.

청구항 9.

제 1 항에 있어서, 상기 기판(10)과 이 기판(10) 상에 배치된 기판 전극(11)이 제공된 기판 전압 발생기(12)를 가지며, 상기 기판 전극은 연속적으로 또는 시간에 따라 변환될 수 있으며, 특히 멤플스화된 고주파 출력을 작용할 수 있는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 10.

제 9 항에 있어서, 상기 기판 전압 발생기(12)와 기판(10) 사이에서 임피던스를 조절하기 위하여 제 1 임피던스 변압기(12)가 제공되는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 11.

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 ICP 코일 발생기(17)는 기판 전압 발생기(12) 및 전류 공급 유닛(23)과 결합하는 것을 특징으로 하는 에칭 장치.

청구항 12.

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 따른 에칭 장치를 이용하여 실리콘 품체로 구성된 기판(10)을 에칭하기 위한 에칭 방법에 있어서,

펠스화된 고주파 출력은 적어도 일시적으로 유도 결합 플라즈마(14) 내의 펠스 플라즈마 출력으로서 여기되는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 펠스 플라즈마 출력은 일정 주파수나 주파수 영역의 범위에서 정류 주파수($1''$)로 변화되는 주파수를 갖는 고주파 전자기 교번 자장이 작용하는 ICP 소스(13)에 의해서 여기되는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

청구항 14.

제 12 항에 있어서, 상기 펠스화된 고주파 출력은 10Hz 내지 1MHz 범위의 주파수와 1:1 내지 1:100 범위의 펠스 대 펠스 중단 비율로 펠스화되도록 가동되는 ICP 코일 발생기(17)를 이용하여 발생되는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

청구항 15.

제 12 항에 있어서, 상기 유도 결합 플라즈마(14)에서 시간상 중간 시점에 300 내지 5000W의 플라즈마 출력이 여기되며,

상기 고주파 출력 펠스들 중 발생된 각 펠스 출력은 300W 내지 20kW, 특히 2 내지 10kW 범위에 이르는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

청구항 16.

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서, 상기 여기된 고주파 출력의 펠스는 여기된 고주파 출력의 주파수에 의해서 변환되며,

상기 주파수 변환은 펠스화동안 유도 결합 플라즈마(14)로 여기된 플라즈마 출력이 최대로 설정되도록 제어되는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

청구항 17.

제 12 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 예칭시, 정적 또는 시간적으로 변화하며, 특히 주기적으로 변화하거나 펄스화된 자계가 발생되며, 이 자계의 방향은 적어도 근사하게 기판(10)과 유도 결합 플라즈마(14)의 결합 라인으로 정의된 방향과 평행한 것을 특징으로 하는 예칭 방법.

청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 자계는 이 자계가 기판(10)과 유도 결합 플라즈마(14)의 영역에서 연장되어 반응기(15)의 내부에서 10 내지 100mTesla 범위의 자계 강도를 갖도록 발생되는 것을 특징으로 하는 예칭 방법.

청구항 19.

제 17 항 또는 제 18 항에 있어서, 상기 자계는 전류 공급 유닛(23)에 의해서 10Hz 내지 20kHz 범위의 주파수를 가지며, 상기 자계를 펄스화할 때 펄스 대 펄스 중단 비율은 1:1 내지 1:100의 범위 내에 놓이는 것을 특징으로 하는 예칭 방법.

청구항 20.

제 1 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 기판(10)에는 기판 전압 발생기(12)에 의해서 일정하거나 시간에 따라 변화될 수 있는, 특히 펄스화된 고주파 출력이 작용되는 것을 특징으로 하는 예칭 방법.

청구항 21.

제 20 항에 있어서, 상기 기판에 여기된 고주파 출력의 펄스 시간은 고주파 출력 중 고주파 기본 주파수의 진동 시간의 1배 내지 100배, 특히 1배 내지 10배인 것을 특징으로 하는 예칭 방법.

청구항 22.

제 20 항 또는 제 21 항에 있어서, 상기 기판(10)에는 시간에 따라 5 내지 100W의 평균 출력을 갖는 고주파 출력이 작용하며, 상기 각 고주파 출력 펄스의 최대 출력은 시간에 따른 평균 출력의 1 내지 20배, 특히 2 내지 10배인 것을 특징으로 하는 예칭 방법.

청구항 23.

제 21 항에 있어서, 상기 여기된 고주파 출력의 주파수는 100kHz 내지 100MHz, 특히 13.56MHz가 작용하며 상기 여기된 고주파 출력 펄스 대 펄스 중단 비율은 1:1 내지 1:100, 특히 1:1 내지 1:10의 범위인 것을 특징으로 하는 예칭 방법.

청구항 24.

제 1 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 여기된 플라즈마 출력의 펄스와, 기판 전압 발생기(12)에 의해서 기판에 여기된 고주파 출력 또는 자계의 펄스, 여기된 플라즈마 출력의 펄스 및 기판 전압 발생기(12)에 의해서 기판(10)에 여기된 고주파 출력의 펄스는 시간에 따라 상호 보정되거나 동기화되는 것을 특징으로 하는 예칭 방법.

청구항 25.

제 24 항에 있어서, 상기 보정은 ICP 코일 발생기(17)의 고주파 출력 펄스 전에 먼저 자계를 여기시키는 형태로 실시되며,

상기 자계는 고주파 출력 펄스가 사라진 후에 다시 가동되는 것을 특징으로 하는 예칭 방법.

청구항 26.

제 24 항 또는 제 25 항에 있어서, 상기 보정은 ICP 코일 발생기(17)의 고주파 출력 펄스 동안 기판 전압 발생기(12)에 의해서 기판(10)에 여기된 고주파 출력이 중단되는 형태로 실시되거나 기판 전압 발생기(12)에 의해서 기판(10)에 여기된 고주파 출력 펄스 동안 ICP 코일 발생기(7)에 의해서 여기된 고주파 출력이 중단되는 형태로 실시되는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

청구항 27.

제 24 항 또는 제 25 항에 있어서, 상기 동기화는 기판(10)이 ICP 코일 발생기(17)에 의해서 플라즈마(14)에 연결된 플라즈마 출력 펄스가 지속되는 동안 기판 전압 발생기(12)에 의해서 기판(10)에 여기된 고주파 출력 펄스가 작용하는 형태로 실시되는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

청구항 28.

제 24 항 또는 제 25 항에 있어서, 상기 보정은 기판 전압 발생기(12)에 의해서 기판(10)에 여기된 고주파 출력이 ICP 코일 발생기(17)에 의해서 플라즈마(14)에 여기된 고주파 출력 코일의 출력 상승이나 출력 하강 동안 발생하는 형태로 실시되는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

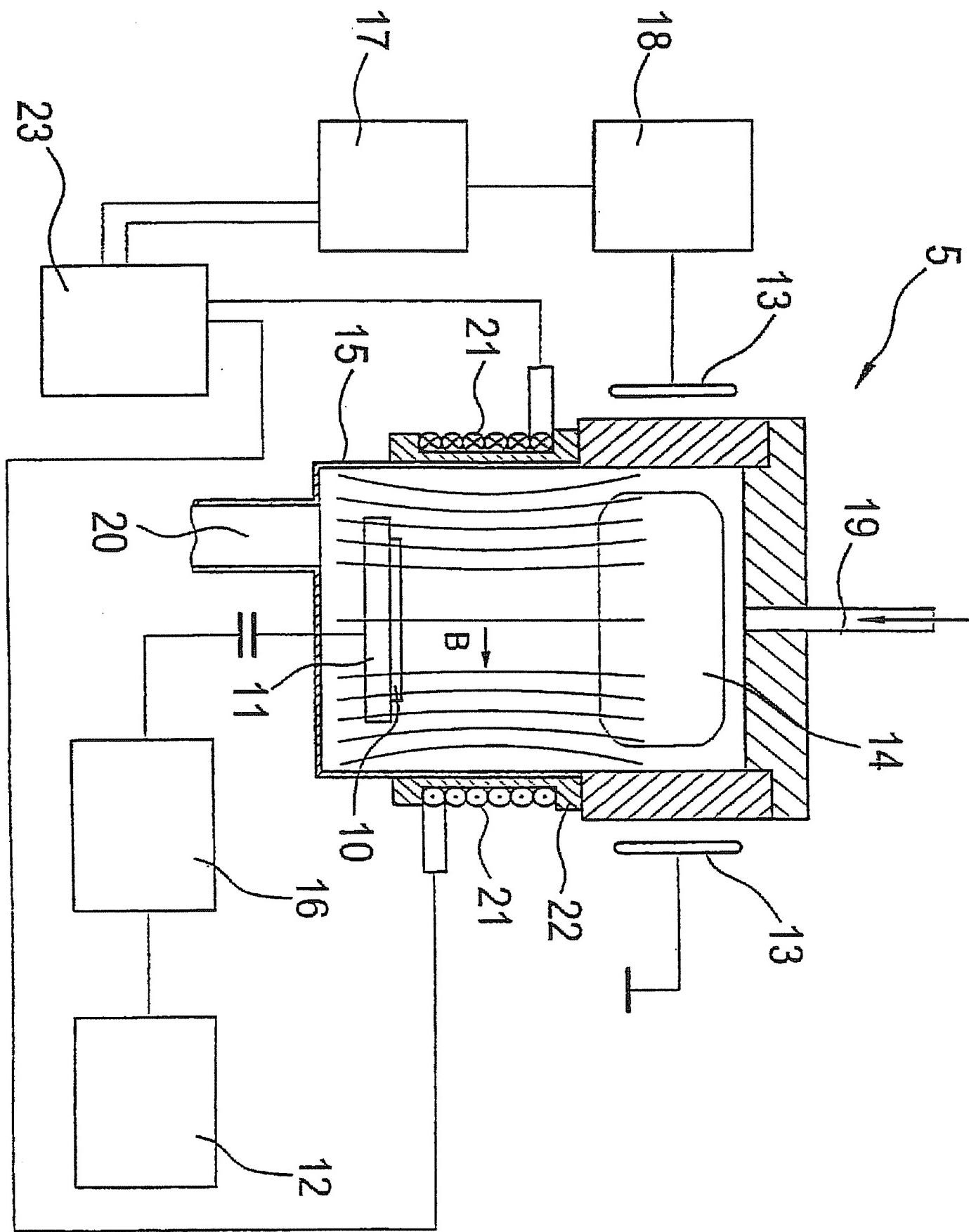
청구항 29.

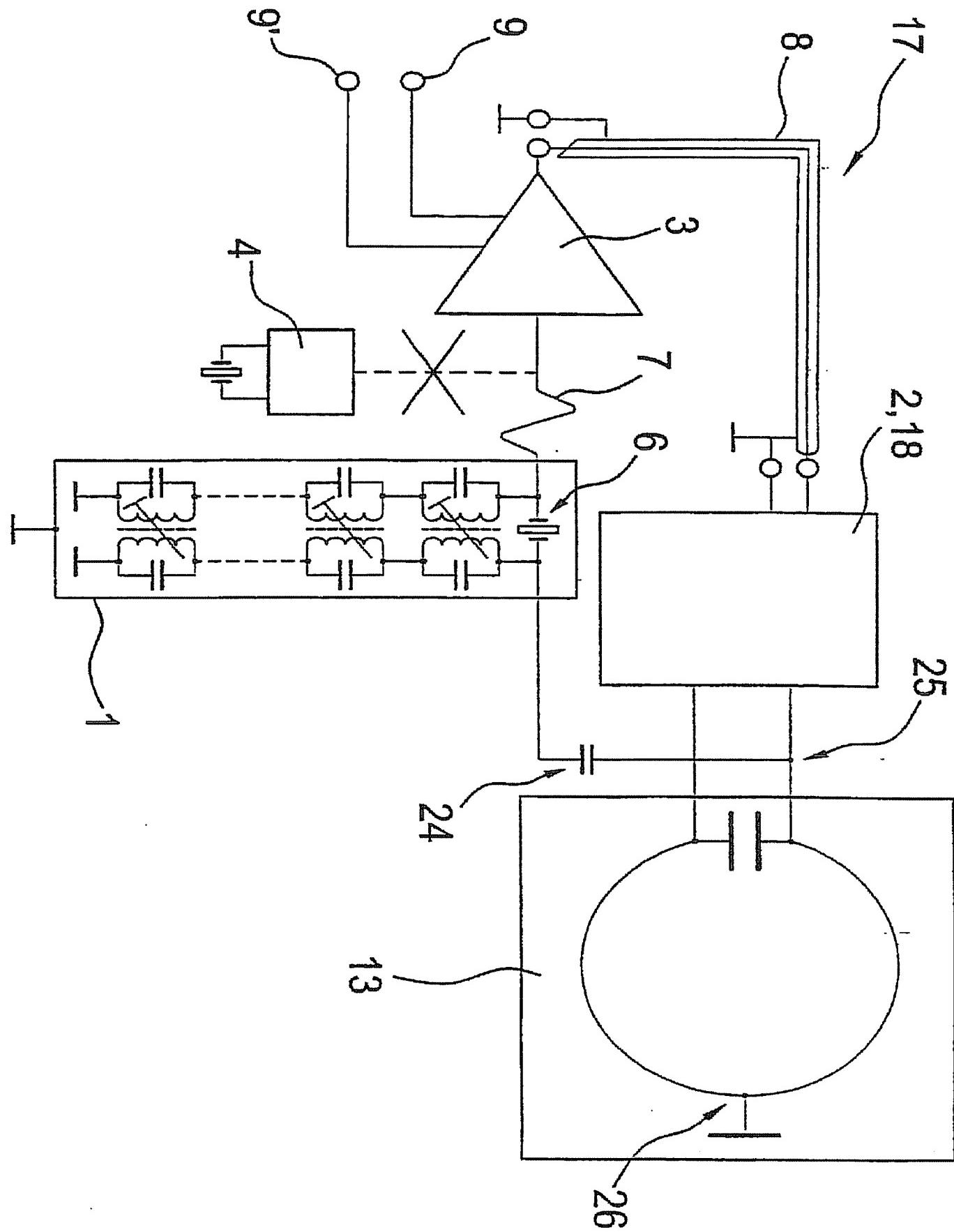
제 24 항 또는 제 25 항에 있어서, 상기 보정은 ICP 코일 발생기(17)에 의해서 플라즈마(14)에 여기된 플라즈마 출력 펄스가 지속되는 동안, 그리고 ICP 코일 발생기(17)에 의해서 플라즈마(14)에 여기된 기판(10)의 각 플라즈마 출력 펄스의 펄스 중단 시간 동안 기판 전압 발생기(12)에 의해서 기판(10)에 여기된 하나 이상의 고주파 출력 펄스가 작용하는 형태로 실시되는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

청구항 30.

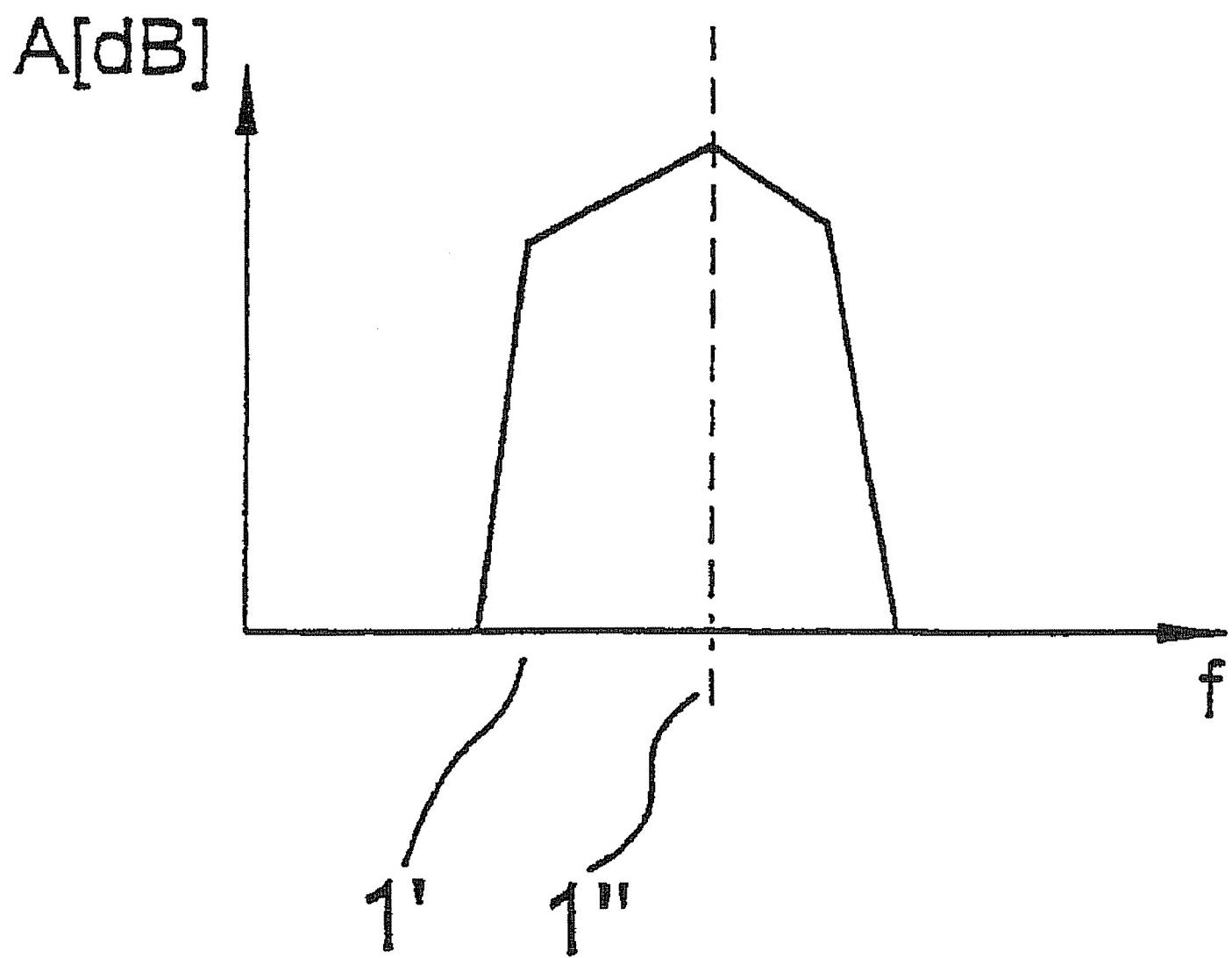
제 12 항 내지 제 29 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 에칭은 5 내지 $100 \mu\text{bar}$ 의 공정 압력에서 에칭 공정과 패시베이션 공정을 교대하는 식으로 실시되는 것을 특징으로 하는 에칭 방법.

도면



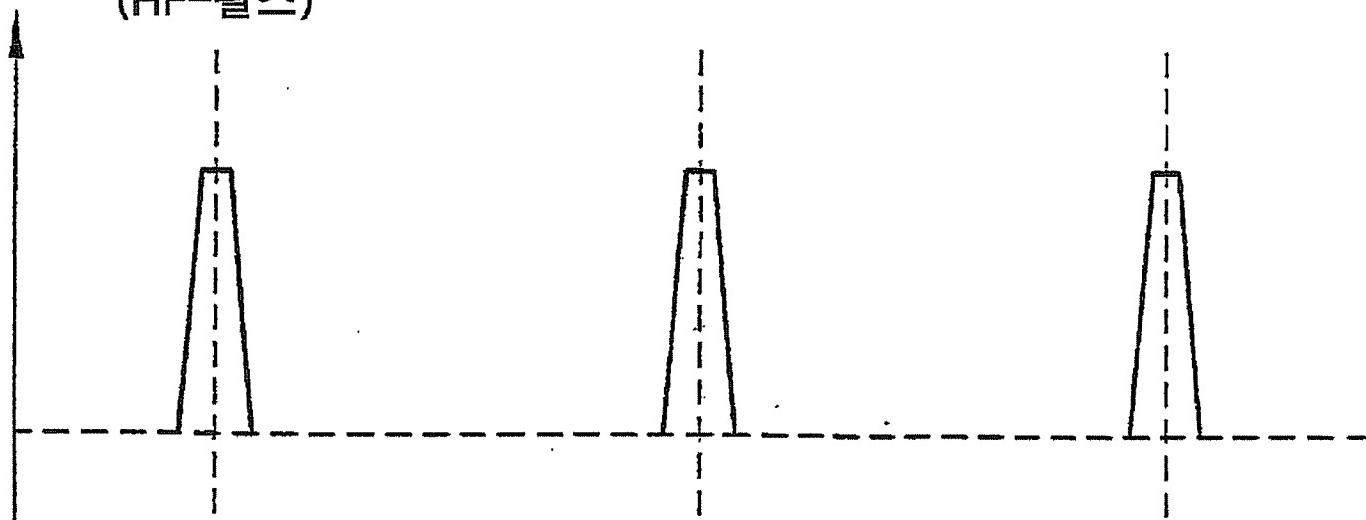


도면 3

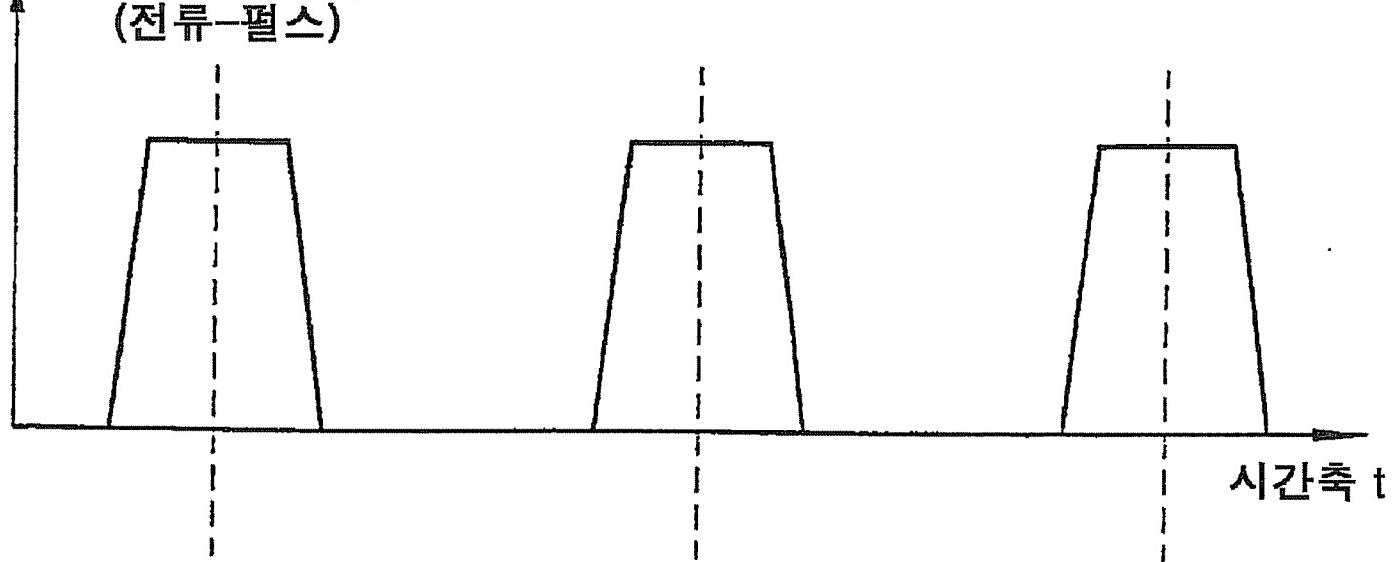


도면 4

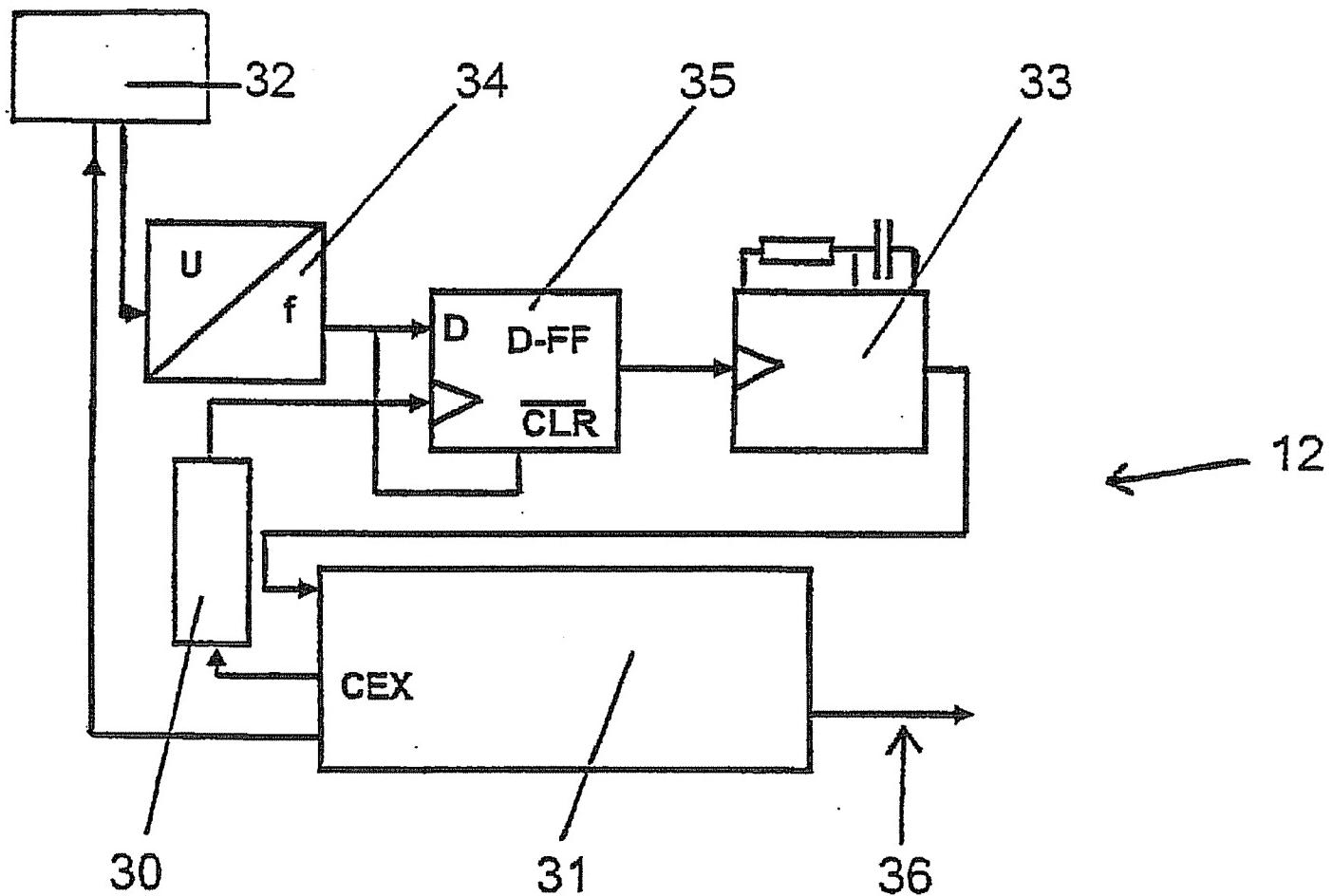
고주파 출력
(HF-펄스)



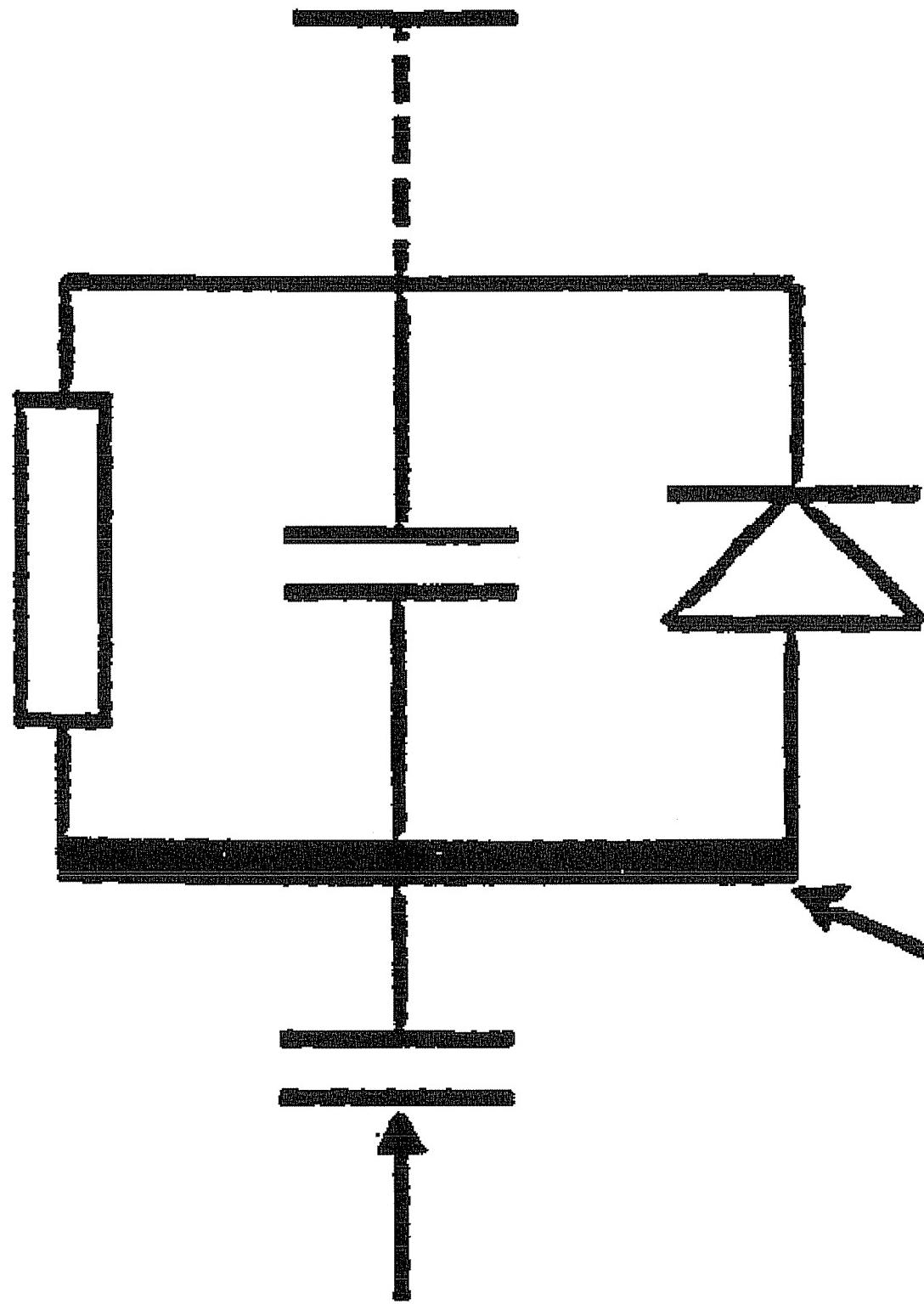
자기 펄스 전류
(전류-펄스)



도면 5



도면 6



37

도면 7

